



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

JÄTEVESIVIEMÄRIVERKOS- TON VUOTOVESIEN MÄÄRIT- TÄMINEN AIRANTAISEN PUMPPAAMOPIIRISSÄ

Sastamalan Vesi

TEKIJÄ: Elias Tepsa

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Elias Tepsa	
Työn nimi Jätevesiviemäriverkoston vuotovesien määrittäminen Airantaisen pumppaamopiirissä	
Päiväys 02.06.2020	Sivumäärä/Liitteet 34
Ohjaaja(t) Pasi Pajula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sastamalan Vesi liikelaitos	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tilaaja Sastamalan Vesi liikelaitos on osa Sastamalan kaupunkikonsernia ja sen tehtäviin kuuluu vesi- ja viemärilaitospalveluiden tuottaminen Sastamalan alueella. Liikelaitoksen palveluihin kuuluu talousveden tuottaminen ja jätevedestä huolehtiminen, joiden lisäksi se huolehtii vesihuollon infrastruktuurin rakentamisesta ja ylläpidosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää jätevesiviemäriverkoston vuotovesimääriä sekä saada käsitys vuotavimmista verkoston osista Airantaisen jätevesipumppaamon verkostoalueella.</p> <p>Tarkastelun kohteena oli Airantaisen viemäriverkostoalue, joka sijaitsee Sastamalan Keikyässä, entisen Äetsän kunnan alueella. Alueella sijaitsevista kahdestatoista jätevesipumppaamoista tarkasteltiin neljää alueen tärkeintä pumppaamoa tammikuun 2018 ja maaliskuun 2020 välisenä aikana. Tutkimustyössä tarkasteltiin sadannan sekä Kokemäenjoen virtaaman ja vedenpinnan korkeuden vaikutusta pumpattuihin jätevesimääriin. Vuotovesimääriä arvioitiin vertailemalla kuivimpina ja kosteimpina kuukausina pumpattujen jätevesimäärien keskiarvoja. Pumpatun jäteveden määrä tarkistettiin myös takaisinmallintamalla jätevesimäärät pumppaamojen sähkönkulutustiedoista.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena on, että sadannalla on havaittava vaikutus jätevesiverkoston vuotovesimääriin, sillä märimpinä kuukausina pumpatun jäteveden määrä on lähes kymmenkertainen kuivimpiin kuukausiin verrattuna. Myös pumppaamoiden sähkönkulutus kasvaa samassa suhteessa, joten raportoituja jätevesimääriä voidaan pitää luotettavina. Kokemäenjoen virtaamalla tai vedenpinnankorkeudella ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta jätevesimääriin. Tarkastelun ansiosta saatiin myös selville eniten vuotavat alueet viemäriverkostossa. Työn tuloksia voidaan käyttää viitteellisesti tarkempia vuotovesitutkimuksia ja saneerauksia suunnitellessa.</p>	
Avainsanat viemäriverkosto, jätevesi, vuotovesi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Elias Tepsa			
Title of Thesis Determining Sewer Leakage Water in Airantainen Pump Station Area			
Date	02 June 2020	Pages/Appendices	34
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principle Lecturer			
Client Organisation /Partners Sastamalan Vesi			
<p>Abstract</p> <p>Sastamalan Vesi establishment is part of the Sastamala City Group and it provides fresh water and wastewater services in the Sastamala region. It is also responsible for the maintenance and construction of the water and wastewater infrastructure. The main purpose of this thesis was to estimate the scale of leaks in the wastewater system and find the most leaking sewer network areas.</p> <p>The investigated sewer system area was in Airantainen in Keikyä, Sastamala. The sewer system consists of twelve wastewater pumping stations but only the four most important stations were examined between January 2018 and March 2020. The influence of precipitation and the flow and water levels of Kokemäenjoki River on sewer leakage were assessed by comparing the mean quantities of pumped wastewater in the wettest and the driest months. The quantity of pumped wastewater was also verified by modeling the quantities from pump electricity usage data.</p> <p>The conclusion of the thesis was that precipitation does have a notable impact on the quantities of pumped wastewater as the mean quantities of the wet months are almost tenfold compared to the dry months. The electricity usage of the pumps also increases in similar manner proving the reported wastewater quantities trustworthy. However, the flow and water levels of River Kokemäenjoki do not detectably cause leakage to wastewater systems. The most problematic areas of the sewage system could also be identified. The results of this thesis can be used as a guideline to target further inspection to the most problematic areas in detecting leakages and planning repairs.</p>			
Keywords sewage system, leakage water, wastewater			

ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa Pasi Pajulaa sekä läheisiäni. Haluan myös kiittää Sastamalan Veden henkilöstöä opinnäytetyöprojektin mahdollistamisesta sekä Jaakko Litmasta opinnäytetyön oikolukemisesta ja toimisto-ohjelmien ongelmien ratkaisemisesta.

Sastamalassa 02.06.2020

Elias Tepsa

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn esittely, tausta ja tavoitteet	6
1.2	Tilaajan esittely	6
2	TAUSTATIEDOA JA LAINSÄÄDÄNTÖÄ	8
2.1	Yleistietoa ja historiaa	8
2.2	Viemärlaitosta ja viemäriverkoston vuotovesiä koskevat lait	9
3	VIEMÄRILAITOSTOIMINTA JA JÄTEVESIVERKOSTON TOIMINTAPERIAATE	10
3.1	Viemärlaitos ja jätevesiverkosto	10
3.2	Verkostomateriaalit	11
3.3	Jätevesipumppaamot ja paineviemäri	12
3.3.1	Pumppaamotyypit, kaukovalvonta ja automaatio	15
3.3.2	Viemäriverkoston korroosio ja hajuhaitat	16
4	VIEMÄREIDEN TILA, KUNTO JA VUOTOVESI	18
4.1	Vesi- ja viemäriverkoston vaurioiden määrä	18
4.2	Vuotovesien vähentäminen	18
4.3	Lähtökohdat tutkimustyölle	18
5	AIRANTAISEN VUOTOVESIMÄÄRIEN ARVIOINTI	20
5.1	Airantaisten pumppaamopiiri	20
5.2	Pumppaamoiden esittely	21
5.3	Sademäärän vaikutus pumpattuun vesimäärään	25
5.4	Kokemäenjoen virtaaman vaikutus pumpattuun vesimäärään	26
5.5	Kokemäenjoen pinnankorkeuden vaikutus pumpattuun vesimäärään	27
5.6	Eri verkostoalueiden osuudet kokonaismäärästä	28
5.7	Käyntiaikojen takaisinmallintaminen sähkönkulutustiedoista	29
6	YHTEENVETO	30
6.1	Lopputulokset ja johtopäätökset	30
6.2	Epävarmuustarkastelu	30
6.3	Jatkotoimenpiteet ja korjausehdotukset	31
	LÄHTEET	33

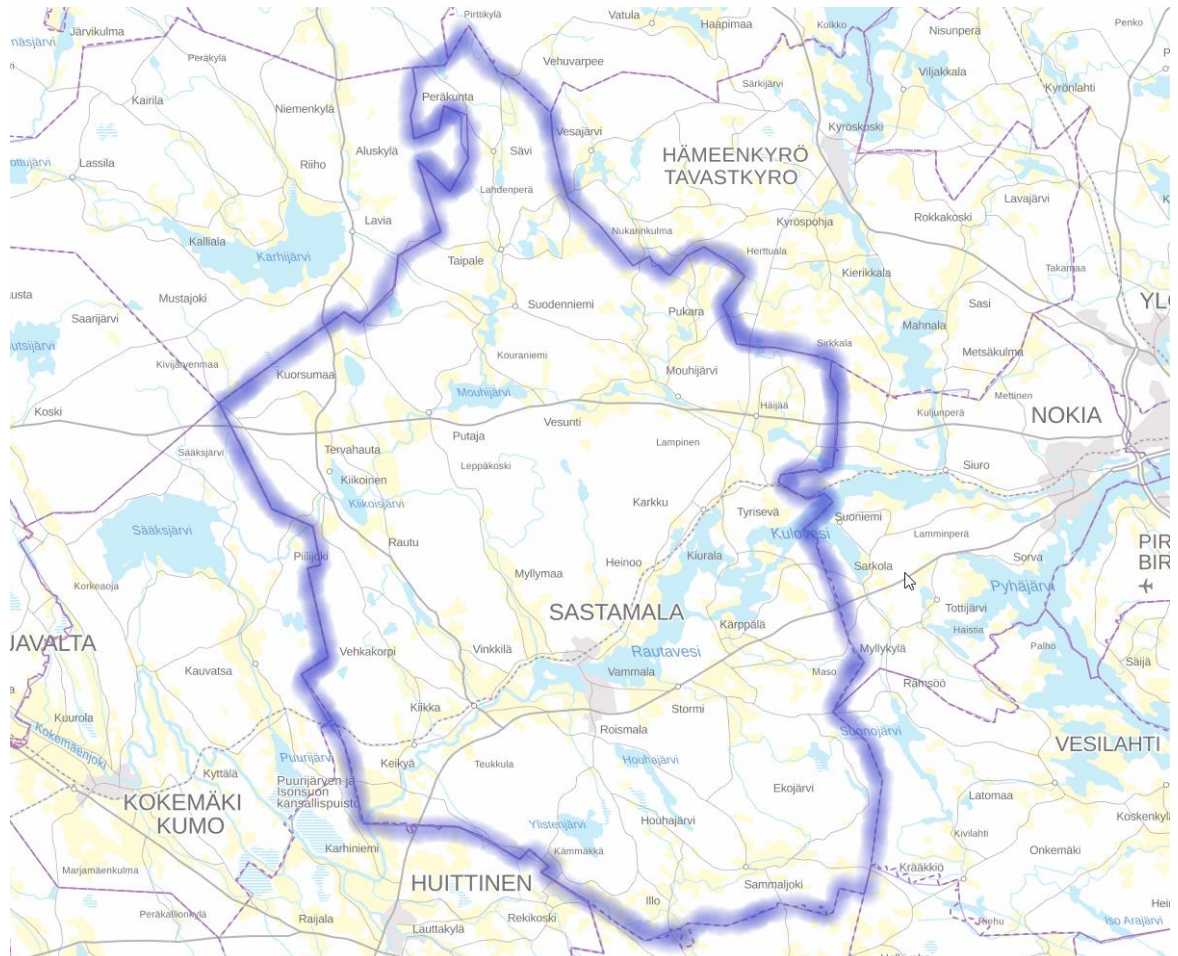
1 JOHDANTO

1.1 Työn esittely, tausta ja tavoitteet

Tässä työssä tarkastellaan Sastamalan Keikyässä sijaitsevan Airantaisen jätevesipumppaamon vuotovesimääriä. Työn tilaajana on Sastamalan Vesi liikelaitos. Lähtötiedot ovat peräisin Sastamalan Veden kaukovalvontaohjelman tuottoraporteista. Näistä tuottoraporteista käy ilmi pumppujen käyntiajat, käynnistyskerrat sekä likimääräinen pumpattu vesimäärä. Sadantatiedot on saatu Ilmatieteen laitokselta ja sähkönkulutustiedot ovat paikallisen sähköverkkoyhtiön kulutusseurannasta. Työn tavoitteena on saada selville viemäriverkoston vuotovesien määriä sekä tietoa, minne jatkotutkimukset kannattaisi suunnata ja saneerausmäärärahat kohdentaa.

1.2 Tilaajan esittely

Sastamala on noin 25 000 asukkaan kaupunki Lounais-Pirkanmaalla. Pinta-alaltaan se on Pirkanmaan suurin kunta. Vuonna 2009 Vammalan kaupunki, Äetsän kunta ja Mouhijärven kunta yhdistyivät muodostaen Sastamalan. Vuonna 2013 Kiikoinen liittyi osaksi Sastamalaa. Kuvassa 1 on merkitty korostusvärillä Sastamalan kuntaraja. Sastamalan keskustaajama on Vammala. Muita taajamia ovat Mouhijärvi, Suodenniemi, Kiikoinen, Kiikka, Keikyä, Karkku, Stormi ja Putaja. (Sastamala)



Kuva 1: Sastamala on maantieteellisesti Pirkanmaan suurin kunta. (Paikkatietoikkuna.fi)

Sastamala sijaitsee hyvien liikenneyhteyksien varrella. Kuntaa halkovat valtatie 11 ja 12 sekä kantatie 44. Lisäksi Sastamalan läpi kulkee Tampere-Pori-rata. Naapurikuntia ovat Huittinen, Hämeenkyrö, Ikaalinen, Kankaanpää, Kokemäki, Nokia, Pori, Punkalaidun, Ulvila, Urjala sekä Vesilahti. (Kuntaliitto.fi)

Sastamalan Vesi työllistää vakituisesti 13 henkeä. Työnimikkeitä ovat muun muassa verkostopäällikkö, käyttöpäällikkö, palvelusihteeri, vesilaitoksenhoitaja ja verkostoasentaja. Näistä lukumäärällisesti eniten on vesihuoltoasentajia. Sastamalan Veden johtajana toimii Sastamalan kaupungin tekninen johtaja.

Liikelaitos toimi ennen kuntaliitosta nimellä Vammalan vesi. Vuoteen 2009 saakka keskustaajamassa käytettiin Rautavedestä otettua pintavettä. Hämeenkyrön ja Sastamalan välille rakennettu runkovesijohto otettiin käyttöön ja siirryttiin käyttämään ainoastaan pohjavettä. Sastamalalla itsellään ei ole merkittävää pohjavedenottoa. Jakeluverkostoon pumpatusta vedestä puolet on ostovettä. Sastamalan Vedellä on tällä hetkellä vesi- ja viemäriverkostoa yli 1100 kilometriä ja erilaisia pumppaamoita likipitään 150 kappaletta. Omia jätevedenpuhdistamoita ei enää ole, sillä puhdistus tapahtuu keskitetysti Huittisten Puhdistamo Oy:n jätevedenpuhdistamolla. Yhteispuhdistamo on kapasiteetiltaan riittävä myös tulevaisuudessa ja puhdistustulos merkittävästi parempi, kuin käytöstä poistetuilla puhdistamoilla. (Sastamala.fi)

Vesilaitoksella oli vuoden 2019 loppuun mennessä yhteensä 21 240 liittynyttä asiakasta ja 6241 liittynyttä kiinteistöä. Viemärlaitoksella liittymäärä oli 18 440, liittyneiden kiinteistöjen lukumäärän ollessa 4993 kappaletta. Sastamalan alueella toimii myös muutamia vesihuolto-osuuskuntia. Näistä suurimpia ovat Illon sekä Suodenniemen vesihuolto-osuuskunnat. (Sastamala.oncloudos.com)

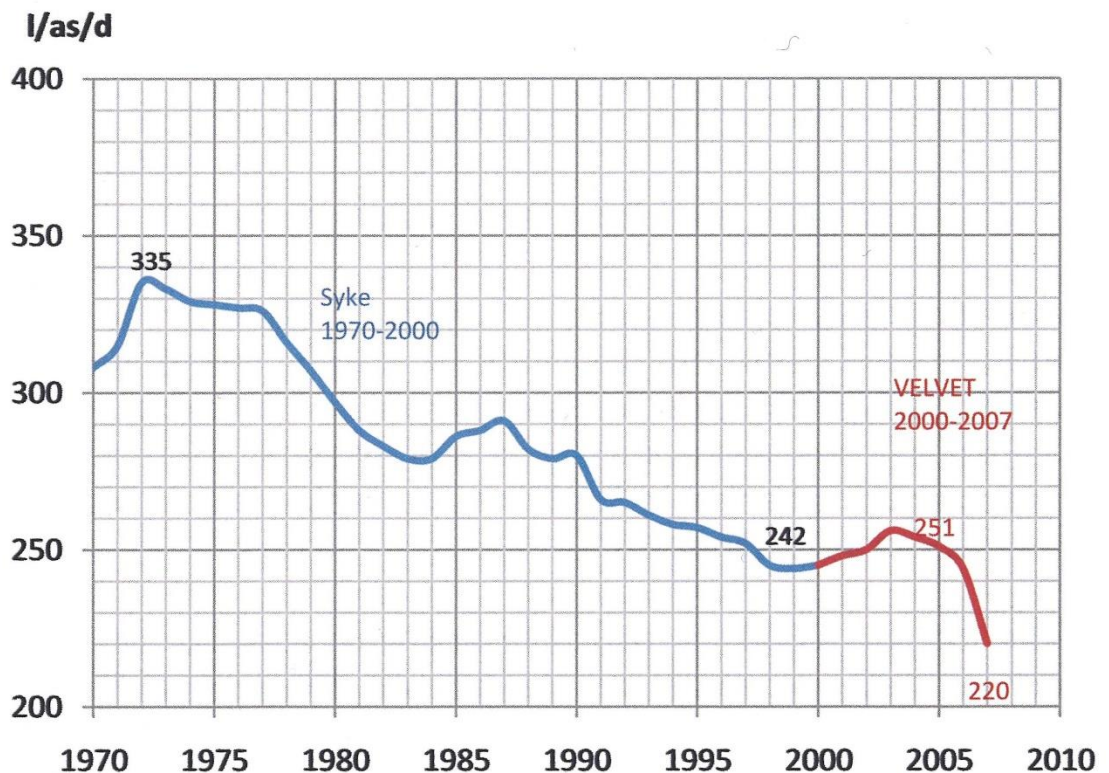
Sastamalan Veden tulos on ollut tappiollinen viime vuosina. Jotta taloustilanne olisi kestävä pitämällä aikavälillä, perusmaksuja ja käyttömaksuja on päätetty korottaa vuosina 2019–2021. Perusmaksujen korotukset ovat 15 % vuosittain kolmen vuoden ajanjaksolla. Käyttömaksuihin tuli 5 % korotus vuoden 2020 alussa. (Esitteemme.fi)

2 TAUSTATIETOA JA LAINSÄÄDÄNTÖÄ

2.1 Yleistietoa ja historiaa

Suomalaisten kotitalouksien veden ominaiskäyttö oli vuonna 2014 keskimäärin 129 litraa asukasta kohden vuorokaudessa. Kokonaiskulutus oli vuorostaan 232 litraa vuorokaudessa asukasta kohti. Kokonaiskulutus saadaan jakamalla verkostoon pumpattu vesimäärä vedenkäyttäjien lukumäärällä. (VVY.fi)

Suomalaisten vedenkulutus on ollut laskusuunnassa jo useamman vuosikymmenen ajan. Tämä johtuu veden hinnoittelumallin muuttumisesta, joka nykyisin ohjaa pienentämään vedenkäyttöä taloudellisin kannustimin. Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, veden ominaiskäyttö oli suurimmillaan 1970-luvun alkupuolella, minkä jälkeen se lähti laskemaan. Vuonna 1972 keskimääräinen vedenkäyttö asukasta kohti oli 335 litraa vuorokaudessa. Vuonna 2007 vastaava vesimäärä oli 220 litraa. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 19.)



Kuva 2: Veden ominaiskulutus on laskenut 1970-luvulta lähtien. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 20.)

Mikäli vedenkulutuksen trendi on jatkossakin laskusuuntainen, on tämä seikka mahdollisesti otettava huomioon tulevaisuuden saneerauksia suunnitellessa. Verkoston uudelleenmitoittaminen voi olla tarpeellista. Pienentynyt vedenkäyttö aiheuttaa ongelmia sekä vesijohtoverkostossa että viemäriverkostossa. Jos vesijohtoverkoston putkikoot ovat liian suuria virtaamaan nähden, veden viipymä verkossa kasvaa ja vaihtuvuus pienenee. Viemäriverkostossa vesimäärien väheneminen voi aiheuttaa tukoksia ja hajunmuodostusta. Ongelmia voidaan ehkäistä rakentamalla kiertoja vesijohtoverkostoon

tai juoksuttamalla vettä huuhteluposteista. Viemäriverkoston tukoksia voidaan ehkäistä huuhtelemalla viemäriinjoja säännöllisesti. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 22.)

Vuotovedet ovat nykypäivänä monen vesihuoltolaitoksen ja kaupungin ongelma. Verkosto on monin paikoin akuutin saneerauksen tarpeessa. Huonokuntoisessa viemäriverkostossa voi olla huomattavan suuri vuotovesiprosentti. Pahimmissa tapauksissa suurin osa verkostossa virtaavasta vedestä on muuta kuin asiakkailta laskutettua vettä. Lisääntynyt vesimäärä nostaa kustannuksia pumppauskustannusten sekä puhdistettavan vesimäärän muodossa. Vuotovedet voivat myös aiheuttaa viemäriverkoston tulvimista. Viemäritulvia aiheuttavat lisäksi erinäiset tukokset viemäriverkostossa, pumpaamoiden häiriötilanteet sekä liian suuret vesimäärät suhteessa verkoston kapasiteettiin. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 120.)

2.2 Viemärilaitosta ja viemäriverkoston vuotovesiä koskevat lait

Vesi- ja viemärilaitosten toimintaa ohjataan ja valvotaan eri lakien ja asetusten avulla. Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella kiinteistöt liitetään vesi- ja viemärilaitoksen verkostoihin taajamissa. Taajaman ulkopuolella kiinteistön ei tarvitse liittyä viemäriverkostoon, mikäli Vesihuoltolain 10 §:ssä mainitut poikkeukset täyttyvät. Näitä ovat esimerkiksi *1) kiinteistön vesihuoltolaitteisto on rakennettu ennen vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen hyväksymistä ja jätevesien johtamisessa ja käsittelyssä noudatetaan, mitä ympäristönsuojelulaissa (527/2014) säädetään; tai 2) kiinteistöllä ei ole vesikäymälää ja sen jätevesien johtamisessa ja käsittelyssä noudatetaan, mitä ympäristönsuojelulaissa säädetään.* (Vesihuoltolaki 2001, 10 §.)

Vesi- ja viemärilaitoksilla on myös vesihuoltolain 15 §:ssä määrätty selvilläolo- ja tarkkailuvelvollisuus eli *vesihuoltolaitoksen on oltava selvillä käyttämänsä raakaveden määrään tai laatuun kohdistuvista riskeistä sekä laitteistonsa kunnosta. Tässä tarkoituksessa vesihuoltolaitoksen on tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua, laitteistonsa kuntoa sekä vuotovesien määrää laitoksen vesijohto- ja viemäriverkostoissa. Tiedot verkostojen sijainnista on saatettava sähköiseen muotoon.* (Vesihuoltolaki 2001, 15 §.)

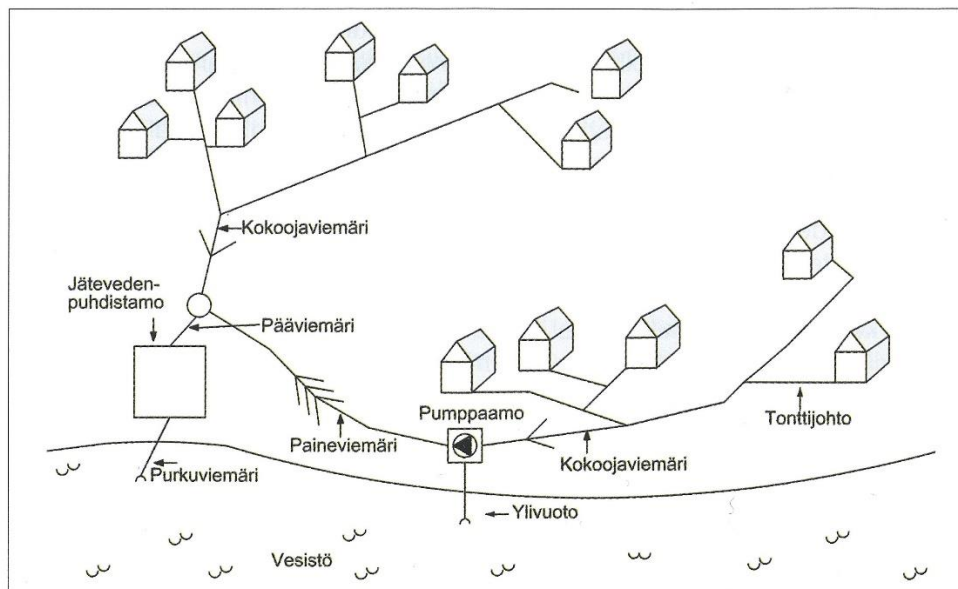
Kiinteistön hulevesien johtaminen viemäriin on kielletty vesihuoltolain 17d §:ssä. On olemassa kuitenkin poikkeustapauksia, joissa hulevesien johtaminen viemäriin voidaan sallia, jos hulevesiä ei voida johtaa tontilta pois muulla tavoin. *Kiinteistö voidaan kuitenkin liittää jätevesiviemäriin huleveden poisjohtamiseksi, jos: 1) jätevesiviemäri on rakennettu ennen vuotta 2015 ja se on mitoitettu myös huleveden poisjohtamiseen; 2) alueella ei ole huleveden viemäriverkostoa, johon kiinteistö voidaan liittää; ja 3) vesihuoltolaitos kykenee huolehtimaan jätevesiviemäriin johdettavasta hulevedestä taloudellisesti ja asianmukaisesti.* (Vesihuoltolaki 2001, 17d §.)

3 VIEMÄRILAITOSTOIMINTA JA JÄTEVESIVERKOSTON TOIMINTAPERIAATE

3.1 Viemärilaitos ja jätevesiverkosto

Viemärilaitoksen tavoitteena on huolehtia jätevesien johtamisesta, puhdistamisesta ja puhdistetun veden purkamisesta takaisin vesistöön aiheuttamatta ympäristölle tai ihmisille kohtuutonta haittaa. Viemärilaitostoinnalle on olemassa tarkat vaatimukset, joilla minimoidaan ympäristön ja esimerkiksi pohjavesien pilaantumisen riskit. Hyvän viemäriverkoston suunnittelun perusteena on ymmärrys siitä, miten viemäriverkosto toimii. Tieto siitä, mikä on riittävä mitoitus ja mikä on teknis-taloudellisesti edullisin vaihtoehto rakentamisen, käytön ja koko elinkaaren aikana. Mitoituksessa on otettava myös vuotovedet huomioon, jotta vältytään viemäritulvilta sateisina vuodenaikoina. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 114–115.)

Jätevesiverkoston johto-osuudet (ks. kuva 3) koostuvat tonttijohdoista, kokoojaviemäreistä ja pääviemäreistä. Verkosto pyritään aina mahdollisuuksien mukaan rakentamaan viettoviemärinä, sillä paineviemäri vaatii käytön aikana enemmän huoltoa, kuin viettoviemäri. Paineviemäriä joudutaan käyttämään silloin, kun maastonmuodot ovat epäedullisia tai mahdottomia viettoviemärin rakentamisen kannalta. Voi olla tilanteita, että viettoviemärit jouduttaisiin kaivamaan kohtuuttoman syväälle, jotta saataisiin riittävä kaato viemäriin oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi. Paineviemäreiden pituudet ja viipymät pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 26–27, 114–115.)



Kuva 3: Viemäriverkoston rakenne (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 27).

Viemäriverkko voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan niiden viemäröintimenetelmän perusteella. Näitä ovat erillisviemäröinti, sekaviemäröinti sekä paineviemäröinti. Erillisviemäröinnissä jätevedet ja sadevedet kulkevat erillään ja sekaviemäröinnissä ne kulkevat samassa viemäriässä. Taajaman ulkopuolella yleisimmin hulevesiviemäröinti on toteutettu avo-ojilla. Nykyisin uusia sekaviemäreitä ei suositella rakennettavan ja vanhoja sekaviemäreitä pyritään muuttamaan erillisviemäreiksi. Erillisviemäröinnin ja avo-ojien yhdistelmä on halvin viemäröinnin toteutustapa. Puhdistettava vesi on laadultaan tasaisempaa ja vesimäärien vaihtelu on pienempää. Paineviemäröintiä käytetään silloin, kun viettoviemäri ei sovellu käytettäväksi. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 116–119.)

Viemäreiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon jätevesien lisäksi myös vuotovedet. Viemäri tulisi mitoittaa 20–40 vuoden välein esiintyvälle huipputuntivirtaamalle. Viemäriin kaltevuuden täytyy myös olla sopiva suhteessa putken täyttöasteeseen ja halkaisijaan. Mikäli virtausnopeus on liian pieni, jäteveden kiintoaines voi alkaa saostua viemäriin pohjalle. Tämä puolestaan aiheuttaa tukoksia. Jotta tukoksia ei syntyisi, tulisi putken huuhtoutua puhtaaksi kiintoaineksestä vähintään kerran vuorokaudessa. Virtausnopeuden tulisi olla ainakin 0,6 m/s, jotta viemäri olisi itsepuhdistuva. Liian suuri virtausnopeus ja viemäriin kaltevuus kuluttavat mekaanisesti putkea. Sade- ja sekaviemäreiden kohdalla virtausnopeuden yläraja on 3–4 m/s ja jätevesiviemäriin suurin virtausnopeus on 4–5 m/s. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 124-2-2010, 467–468.)

Taulukko 8. Jätevesiviemäreiden suositeltavia minimikaltevuuksia.

Putken halkaisija mm	Pienin suositeltava kaltevuus ‰	Minimikaltevuus ‰	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuudella l/s
150	8,0	5,0	1,9
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6
400	5,0	2,5	9
500	4,0	2,0	14
600	3,0	1,6	25
800	2,0	1,3	35
> 800	1,5	1,0	-

Kuva 4: Jätevesiviemäriin minimikaltevuuksia (RIL 237-2-2010, 50.)

3.2 Verkostomateriaalit

Viemäreiden suunniteltu kestoikä on useita kymmeniä vuosia. Viemäriveden laatu ja kiintoainepitoisuudet asettavat vaatimuksia putken kulutuskestävyydelle. Putken täytyy myös kestää asennusaikainen käsittely sekä liikenteen ja kaivannon täyttömaan aiheuttama paine. Putken sileä sisäpinta vähentää virtausvastusta ja putki on itsepuhdistuva, mikäli virtausnopeus on riittävä. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 102.)

Viemäriverkoston muoviputkien materiaali vaihtelee viemärointitavan mukaan. Viettoviemäreinä voidaan käyttää polyeteeni-, PVC- tai polypropeeniputkia. Paineviemärit ovat yleensä polyeteeniä tai PVC:tä. Muovisten viettoviemäreiden kestävyys määräytyy niiden rengasjäykkyyden luokituksen (SN) mukaan. Rengasjäykkyyden yksikkö on kN/m^2 . Oikea jäykkyyden luokka valitaan ympäröivän maapaineen ja liikennemäärien perusteella. Muoviset painevisemärit on jaettu eri paineluokkiin. PN-luokka kertoo putken paineenkeston baareina. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että PE-putket olisivat vähintään PN 10 -paineluokan putkia eli ne kestäisivät 10 barin ylipaineen. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 103.)

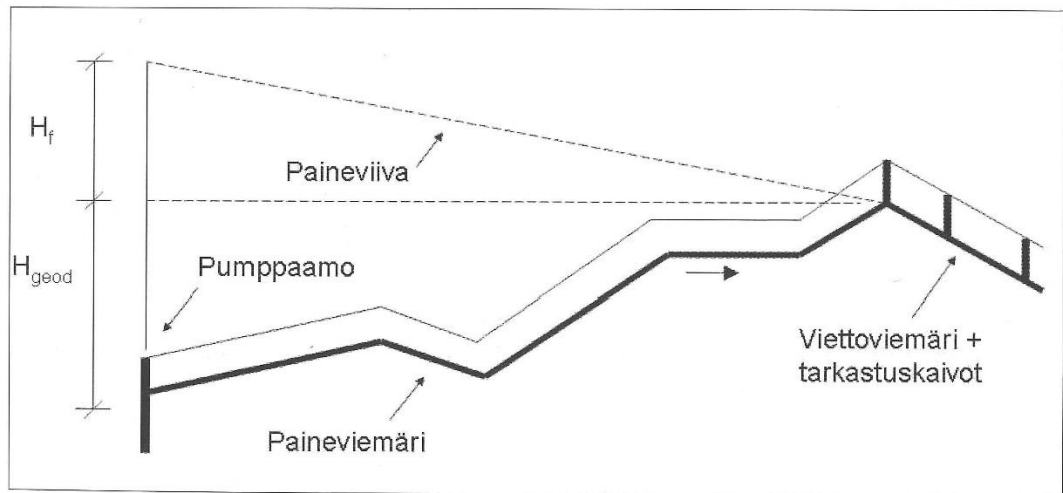
Betoniviemäriputkia on saatavana pyöreinä, jalallisina ja munanmuotoisina. Putkiliitos voi olla suora tai muhvinliitos. Munanmuotoisen putken etuna on sen itsepuhdistuvuus virtaamisen ollessa pieni. Suomessa betoniputket ovat yleisimmän BPN2001 (Betoniputkinormi) – tai EK-järjestelmän putkia. EK-lyhenne tulee sanasta esiasennettu kumitiiviste. Lujusluokkia betoniputkella on kolme kappaletta: B, Br ja Dr. Näistä kestävin on Dr-luokan putki ja B-luokan on heikoin. R-kirjain tarkoittaa, että putki on raudoitettu. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 104–105.)

Asennusvirheiden välttämiseksi ja korjauskustannusten minimoimiseksi viemäriputket tulisi tarkistaa ennen kuin kaivanto täytetään. Viemäriputkelle tulisi tehdä silmämääräinen suoruuden tarkastus. Tämän tarkastuksen lisäksi rakennuttaja tai muu viranomais voi vaatia peilausta kaivojen välillä. Kun kaivanto on täytetty, viemäriputkelle tulee suorittaa painekoe. Viemäri tulpataan kumitulvilla kahden kaivon väliltä, minkä jälkeen viemäriin luodaan painetta joko paineilmalla tai vedellä. Viemäriin sijaitessa pohjaveden pinnan alapuolella, on lisättävä painetta ulkoisen vedenpaineen verran. Esimerkiksi pohjaveden pinnan ollessa 2 m putkikeskiön yläpuolella, on koepaineiden lisäys 20 kPa. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 83–84.)

Viemäriverkoston putkilinjojen yhtymäkohdissa on aina kaivo. Viemäriputkella tulisi olla kaivoja enintään 100 metrin etäisyydellä toisistaan. Kaivoja rakennetaan myös pysty- ja vaakataso- taitekohtiin, jotta voidaan minimoida turbulenssin aiheuttamat häiriöt virtaukseen. Tarkastuskaivot ovat betonisia tai muovisia. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 106–107.)

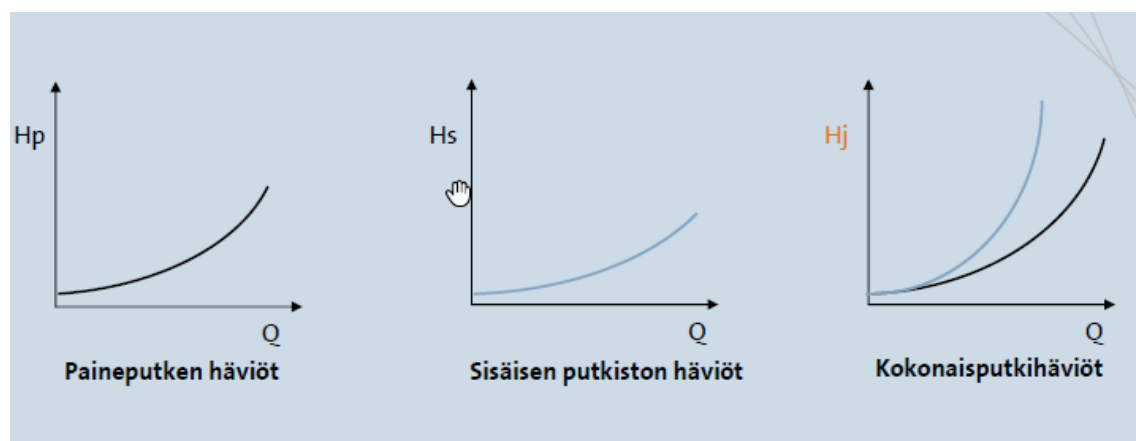
3.3 Jätevesipumppaamot ja painevisemäri

Jätevesipumppaamoita ja painevisemäreitä käytetään tilanteissa, joissa viettoviemäriin käyttö ei ole mahdollista tai järkevää. Pitkillä viemäriosuuksilla voi olla, että viettoviemäriin kaltevuus ei riitä, joten on turvauduttava jäteveden pumppaukseen. Maaston korkeuserot, pitkät viemäriputket tasaisessa maastossa sekä vesistöjen alitukset vaativat yleensä myös painevisemäriin käyttöä. Kuvassa 5 on havainnollistettu painevisemäriin toimintaperiaate. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 121.)



Kuva 5: Paineviemäriin periaate (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 58.)

Pumppaamoa mitoittaessa täytyy tietää pumpattava vesimäärä, huippuvirtaamat, tarvittava nostokorkeus sekä mitoittaa säiliö oikein suhteessa vesimäärään. Pumppaamon kapasiteetin tulisi olla isompi kuin tulovirtaama kaikissa tilanteissa. Tulovirtaamaa laskettaessa täytyy ottaa vuotovedet huomioon. Jätevesipumppaamon pumppujen nostokorkeus täytyy olla riittävän suuri, jotta voitetaan putkihäviöt ja geodeettisen nostokorkeuden tuoma vastus. Kuvassa 6 on esitetty, kuinka putkihäviöiden suuruus kasvaa suhteessa virtaaman kasvuun. Kokonaisnostokorkeus on geodeettisen nostokorkeuden ja kokonaisputkihäviöiden summa. Kuvassa 5 geodeettinen nostokorkeus (H_{geod}) ja kokonaisputkihäviöt (H_f) muodostavat pylvään, jonka korkeus vastaa kokonaisnostokorkeutta. Paineviemäriin purkupään ja kokonaisnostokorkeuden pylvään välistä viivaa kutsutaan painehäviöviivaksi. Mitä loivempi tämä viiva on, sitä vähemmän putkisto aiheuttaa painehäviötä. (Grundfos pumppuakatemia, 1–9.)

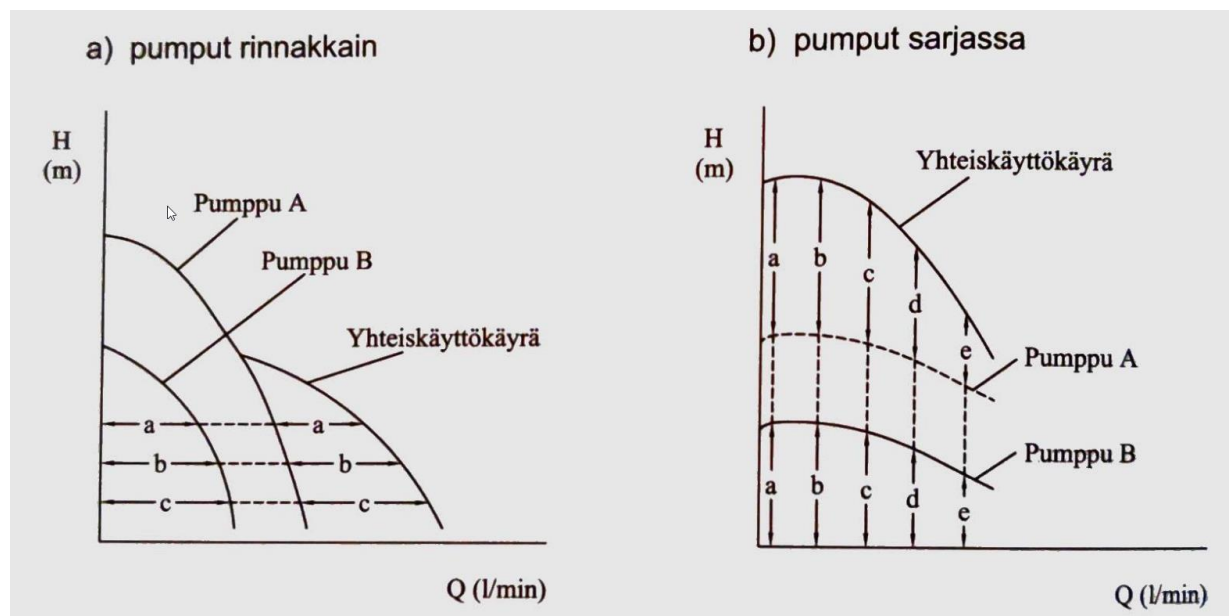


Kuva 6: Paineputken häviöiden muodostuminen (Grundfos pumppuakatemia, 9.)

Kuten viettoviemärinkin kohdalla täytyy myös paineviemiäri mitoittaa oikealle vesimäärälle. Liian pieni putkikoko aiheuttaa kapasiteettiongelmia huippuvirtaamien aikaan. Pienemmässä putkessa joudutaan käyttämään suurempaa virtausnopeutta, jos halutaan siirtää sama vesimäärä kuin suurem-

massa putkessa. Suuri virtausnopeus aiheuttaa suuremman painehäviön nesteen sisäisten leikkausjännitysten kasvaessa. Jyrkkä painehäviöviiva kasvattaa pumppauskustannuksia ja vaatii tehokkaamman pumpun kuin suurempikokoinen putki, kun kyseessä on sama tilavuusvirta. Kasvanut virtausnopeus kohottaa paineiskujen riskiä. Suositeltavat virtausnopeudet alle 300 mm viemäreille ovat 1–1,3 m/s välillä ja 400 mm tai suuremmille viemäreille 1,4–1,5 m/s. Keskimääräinen virtausnopeus pumppauksen aikana ei saisi jäädä alle 0,7 m/s. Pieni virtausnopeus lisää tukkiutumisen riskiä, mikä kasvattaa huolto- ja ylläpitokustannuksia. Pumppamoiden sisäisissä putkistoissa ja lyhyillä paineviemäri-osuuksilla voidaan käyttää suurempia virtausnopeuksia (1,5–3,0 m/s), sillä putken virtausvastushäviöt jäävät pieneksi sisäisen putkiston lyhyyden takia. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 57–58.)

Jätevesipumppaamot varustetaan yleensä kahdella tai useammalla pumpulla. Pumppuille on annettu valmistajan toimesta suositukset enimmäismäärälle käynnistyskertoja tuntia kohden. Mitä suuremista pumppuista on kyse, sitä harvemmin niitä tulisi käynnistää. Kaksi tai useampi pumppu voidaan kytkeä joko rinnakkain tai sarjaan. Kun pumput ovat rinnakkain, niiden yhteistuotto kasvaa, mutta nostokorkeus ei. Tuotto ei kuitenkaan nouse samassa suhteessa kuin pumppujen lukumäärä, sillä virtausvastus kasvaa putkessa. Kasvanut virtausvastus pienentää yhteistuottoa. Kahden rinnakkaisen pumpun tuotto jää aina alle kahden yksittäisen pumpun tuoton. Pumppujen ollessa sarjassa vastavuoroisesti nostokorkeus kasvaa, mutta tuotto pysyy samana kuin yhden pumpun järjestelmässä. Kuvassa 7 on esitetty yhteiskäyttökäyrät pumppujen ollessa rinnakkain ja sarjassa. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 124-1-2003, 189–190.)



Kuva 7: Rinnakkain ja sarjassa olevien pumppujen käyrästöt (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 124-1-2003, 190.)

Kahta tai useampaa pumppua käytettäessä saadaan tehokkaasti vähennettyä pumppukohtaista käynnistyskertojen lukumäärää. Pumppuja vuorotellaan sillä tavoin, että niiden käyntiajat ja -kerrat ovat samaa suuruusluokkaa. Tulovirtaaman kasvaessa yli yhden pumpun pumppauskapasiteetin, nousee vedenpinta lisäkäynnistysrajalle. Tällöin pumppujen yhteistuoton pitäisi riittää kääntämään

vedenpinta laskuun. Pumppaamon moitteettoman toiminnan kannalta sen pumppujen, pumppaamosalin sekä sisäisen putkiston täytyy olla oikein mitoitetuina ja suunniteltuina. On suositeltavaa, että pumppujen ja putkiston läpäisykyky on vähintään 80 millimetriä. Tämän on todettu vähentävän merkittävästi tukkeentumisen riskiä. Pumppaamon laitteiston ja putkiston tulee kestää painevaihteita niin ylipaineen kuin alipaineenkin suhteen. (Grundfos pumppuakatemia)

3.3.1 Pumppaamotyypit, kaukovalvonta ja automaatio

Jätevesipumppaamoja on saatavilla useisiin eri käyttötarkoituksiin. Kuvassa 8 on esimerkkejä Grundfosin jätevesipumppaamovalikoimasta. Pumput voivat olla joko kuiva- tai märkäasenteisia. Kunnallisessa käytössä JV-standardipumppaamo on luultavasti yleisin pumppaamotyyppi. Isommat siirtolinjat on varustettu monesti erillisellä pumppaamorakennuksella. Nämä mökkipumppaamot sisältävät yleensä huoltoa helpottavan nostolaitteiston. Kolmas yleinen pumppaamotyyppi on ns. turvapumppaamo. Siinä pumput ovat kuiva-asenteisia ja jätevesi on erillisessä imusäiliössä. Tämä on työturvallisuuden ja hygienian näkökulmasta parempi vaihtoehto.



Kuva 8: Eri pumppaamotyyppejä (Grundfos pumppuakatemia)

Ympäristöasioiden paremman huomioon ottamisen ja energiansäästötavoitteiden vuoksi nykypäivänä ovat yleistyneet matalaenergiapumppaamot. Näissä ei ole lainkaan erillistä pumppaamo- tai imusäiliötä, vaan jätevesi on paineellista sekä pumpun imu- että painepuolella. Pumppuja ohjataan tulopaineen avulla. Kun tulopaine laskee pysäytysrajalle, pumppu sammuu. Kun tulopuolen paine taas kasvaa, käynnistyy pumppu jälleen. Koska järjestelmä on suljettu, päästään esimerkiksi eroon paineviemärielle ominaisesta hajuongelmasta. (Grundfos.fi)

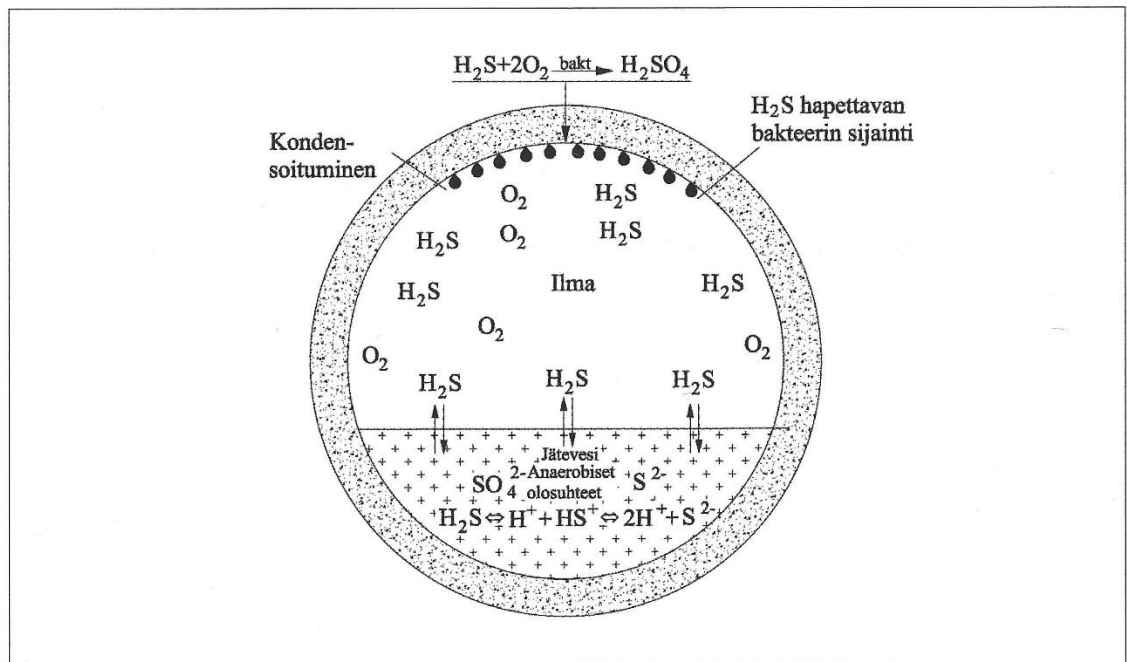
Jätevesiverkkoa voidaan ohjata ja valvoa etänä. Automaation ansiosta voidaan käyttää ja valvoa suurta lukumäärää pumppaamoita pienillä henkilöstöresursseilla. Ohjaus on suunniteltu siten, että pumppaamo toimii optimaalisella tavalla. Käyttökatkokset pyritään minimoimaan ja käyttöikä maksimoimaan. Pumppaamot ovat reaaliaikaisessa, jatkuvatoimisessa seurannassa ja ne ilmoittavat automaattisesti erilaisista vikatilanteista. Kun pumppaamolta tulee hälytys, viestit on jaoteltu niiden kiireellisuuden ja vakavuuden perusteella. Osa tapauksista vaatii välitöntä toimimista, kun taas osa voi odottaa pidempään. Automaation ansiosta pystytään myös seuraamaan pinnankorkeuksia, energiankulutusta, virtaamia sekä pumpattuja vesimääriä reaaliajassa. Vuotovesimääriä voidaan myös tulkita ja arvioida näiden tietojen avulla. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 168.)

Valvomon ja valvottavan kohteen välillä käytetään erilaisia tiedonsiirtotapoja. Kriittisimmät kohteet on varmistettu useammalla tiedonsiirtotavalla. Tiedonsiirtotavat voidaan jakaa karkeasti langattomiin ja langallisiin. Yleensä jätevesipumppaamoilla on joko radioverkon tai GSM-verkon avulla toimiva tiedonsiirto. Kaikissa tiedonsiirtotavoissa on omat ongelmansa. Kaapeli voi vaurioitua esimerkiksi kaivuutöiden yhteydessä. Langattomat tiedonsiirtotavat ovat taas herkkiä sääolosuhteiden vaikutuksille. Lisäksi radioverkkoyhteys voi häiriintyä kasvillisuuden muodostamista esteistä. Rakennusvaiheessa pumppaamon ympärillä ollut risukko kaipaa harvennusta, ennen kuin pumppaamo tulee käyttökänsä päähän.

3.3.2 Viemäriverkoston korroosio ja hajuhaitat

Viemärilaitostoinnalle asetetut vaatimukset ovat kasvaneet viime vuosina. Yhä laajempia alueita on viemäroity vietto- ja paineviemärein. Verkstopituuksien kasvaessa myös viipymät kasvavat verkostossa. Tämä johtaa lisääntyviin ongelmiin hajun ja korroosion suhteen. Korroosiota aiheuttavaa rikkihappoa (ks. Kuva 9) syntyy, kun rikkivety hapettuu bakteeritoiminnan seuraksena. Hapettomissa oloissa jäteveden sisältämästä sulfaatista syntyy rikkivetyä. Rikkivedyn haju on epämiellyttävä ja pistävä. Se muistuttaa mädän kanamunan hajua. Suurimmat hajuongelmat ovat pitkien paineviemäriinjojen purkupään kohdalla. Purkupäätä ei saisi sijoittaa asutuksen lähelle. Vuodenaikojen vaihtelut vaikuttavat hajujen muodostumiseen. Talvella veden lämpötila on alhaisempi. Sateiseen aikaan viipymät ovat pienempiä, kun vesimäärät ovat suurempia. Verkosto pyritään nykyisin suunnittelemaan siten, että viipymät olisivat pieniä ja viemärit itsepuhdistuvia. Putkistoissa ja kaivoissa pyritään välttämään turbulenssia ja pyörteitä, sillä se vapauttaa rikkivetyä vedestä. Jätevettä voidaan myös käsitellä eri kemikaalein, jotta rikkivedyn muodostuminen olisi vähäisempää. Hajuja voidaan myös suodattaa tuuletusilmasta esimerkiksi aktiivihiilisuodattimella. Ongelmat ja ratkaisut ovat

tapauskohtaisia. Jokainen tehtävä toimenpide tulee olla perusteltu, mitoitettu oikein sekä soveltua käytettäväksi kyseisessä paikassa. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 117–118.)



Kuva 9: Rikkivedyn muodostuminen viemäriputkessa (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 112.)

4 VIEMÄREIDEN TILA, KUNTO JA VUOTOVESI

4.1 Vesi- ja viemäriverkoston vaurioiden määrä

Vesijohto- ja viemäriverkon vaurioiden lukumäärää Suomessa on arvioitu tilastojen perusteella. Kilometriä kohden vikojen lukumäärä on 0,15–0,20 kappaletta. Sastamalassa oli vuoden 2019 lopulla noin 673 kilometriä vesijohtoverkostoa ja 472 kilometriä viemäriverkostoa. Vikojen lukumääräksi Sastamalassa voidaan arvioida vesijohtoverkoston osalta 100–135 kpl ja viemäriverkoston osalta 70–95 kpl vuosittain. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2020, 88.; Sastamala.oncloudos.com)

Viemäreiden käyttöikään ja toimintavarmuuteen vaikuttavat lukuisat tekijät. Merkittävimpiä käyttöikää lyhentäviä tekijöitä ovat esimerkiksi tukkeumat, mekaanisen rasituksen aiheuttamat kulumat, juurakko sekä kemiallinen korroosio. Myös pohjaveden ja maaperän laatu vaikuttavat putkien käyttöikään. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010, 152.)

Vuotovedet ovat jätevedenpuhdistamolle päätyvää laskuttamatonta jätevettä. Vuotovedet aiheuttavat merkittäviä ja turhia kustannuksia vesihuollon toimijoille vuosittain. Viemäriin päätyvä vuotovesi on pinta- ja pohjavettä. Pintavesi pääsee viemäriin esimerkiksi laittomien hulevesikytkentöjen takia. Myös kaivojen saumojen ja kansistojen kautta kulkeutuu huomattava määrä vettä jätevesiviemäriin. Pohjaveden paineen ollessa suurempi kuin viemäriputken sisällä oleva paine, pääsee pohjavesi tunkeutumaan viemäriin halkeamien ja vuotavien putkiliitosten kautta. Nämä vuotokohdat ovat huomattavasti vaikeampia löytää ja kalliimpia korjata kuin vuotokohdat, joista pintavesi pääsee jätevesiviemäriin. Mikäli putkikaivanto on täytetty hyvin vettä läpäisevällä maalajilla, voi vesi kulkea pitkiäkin matkoja putkikaivannossa ja viemäri toimii ikään kuin salaojana. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu: RIL 237-2-2010, 47–48.)

4.2 Vuotovesien vähentäminen

Vuotovesimääriä selvitetessä on tärkeää tietää, mistä vuotovedet ovat peräisin. Mikäli viemäriinjat ovat vaurioituneita, oikeastaan ainoa korjauskeino on niiden saneeraus vaihtamalla uudet putket tilalle. Viemäriin tarkastuskaivojen kautta tapahtuvia vuotoja on helpompaa korjata ja se on joissain tapauksissa myös kustannustehokkaampaa. Vuodot johtuvat yleensä puuttellisesta rengassaumojen tiivistämisestä sekä putkien liitosten virheellisestä asennuksesta tai puuttellisesta tiivistämisestä. Teleskooppien ja kansistojen kautta voi päästä huomattavia vuotovesimääriä jätevesiviemäriin. Mikäli tarkastuskaivot sijaitsevat ympäröivää maastoa alempana esimerkiksi ojassa tai painanteessa, on kansiston ja teleskoopin tiiveyteen kiinnitettävä erityistä huomiota.

4.3 Lähtökohdat tutkimustyölle

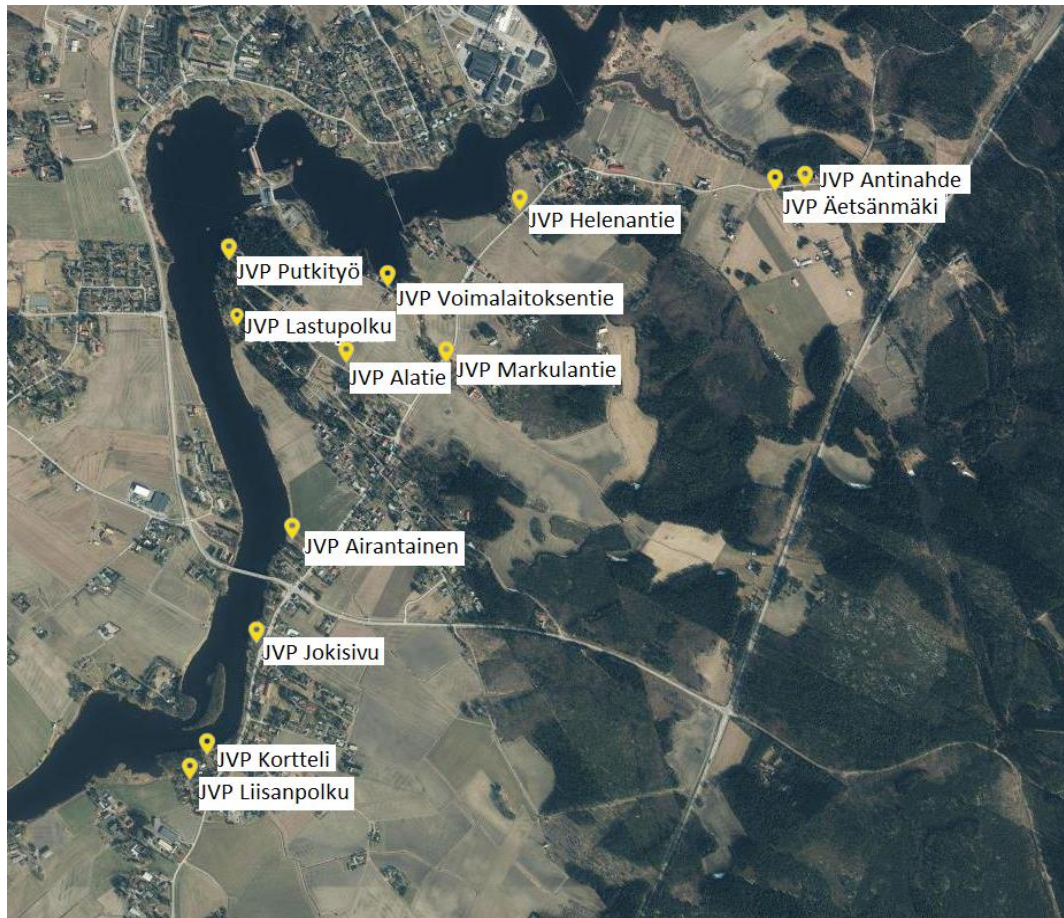
Airantaisen jätevesipumppaamolta on tiedossa käyntiajat, käynnistyskerrat sekä päivä- ja kuukausikohtainen sähkönkulutus. Lisäksi tiedetään lähialueen sademittausasemien sadanta millimetreinä

tarkasteltavan ajanjakson ajalta. Osa viemäriverkostosta sijaitsee Kokemäenjoen rannan välittömässä läheisyydessä, jonka seurauksena tarkasteluun otetaan mukaan Äetsän voimalaitoksen virtaamat ja vedenkorkeus voimalaitoksen alapuoliselta alueelta. Airantaisen pumppaamopiiri kattaa vain osan Äetsän alueen viemäriverkostosta, mutta kokonaisuudessaan Äetsän verkostoalueen vuotovesiprosentti on vaihdellut 46–70 % välillä ja koko Sastamalan alueella vuotovesiprosentti on vaihdellut 51–70 % välillä vuosina 2010–2019. Vuonna 2019 Äetsän alueen viemäriverkoston vuotoprosentti oli 63 % koko Sastamalan alueen vuotoprosentin ollessa 55 %. (Sastamala.oncloudos.com)

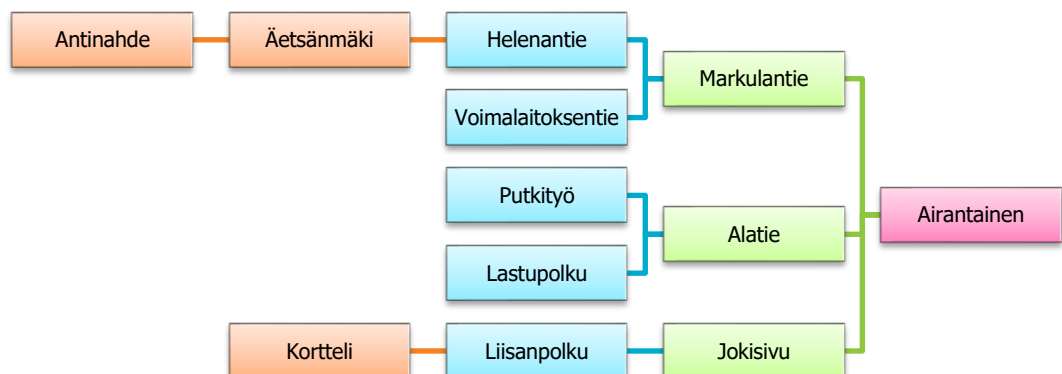
5 AIRANTAISEN VUOTOVESIMÄÄRIEN ARVIOINTI

5.1 Airantaisen pumpaamopiiri

Airantaisen pumpaamoalue sijaitsee Sastamalassa Keikyän kylässä. Verkostoa on Keikyäntien varressa maantien 249 pohjoispuolella sekä Kiviniementien varressa maantien 249 eteläpuolella. Länsisuunnassa alue rajautuu Kokemäenjokeen ja idässä kulkee valtatie 12. Markulantien ja Antinahteen välillä oleva verkostoalue on rakennettu vuonna 2011 ja se on tutkittavan alueen uusinta verkostoa. Kuvassa 10 on ilmakuvaan merkattu tutkittavan alueen pumppamoiden likimääräiset sijainnit. Kaaviossa 1 on esitetty näiden pumppamoiden keskinäinen järjestys, niin kuin se on viemäriverkostossa.



Kuva 10: Airantaisen pumppaamopiirin kaikki pumppaamot kartalla (Paikkatietoikkuna.fi)



Kaavio 1: Airantaiseen pumpataan jätevettä yhdeltätoista pumppamolalta.

5.2 Pumppaamoiden esittely



Kuva 11: Airantaisen pumppaamo. Taustalla Kokemäenjoki. (Tepsa 2020)

Airantaisen pumppaamo (kuva 11) on tutkittavan alueen pääpumppaamo, johon kaikki muut verkostoalueella olevat pumppaamot pumppaavat jätevetensä. Pumppaamo on varustettu uppoasenteisilla pumpuilla. Pumppaamosäiliö on valmistettu betonista. Ylivuotoputki menee Kokemäenjokeen ja se on varustettu takaisinvirtauksenestoventtiilillä. Alueella on jonkin verran vanhaa 1970-luvulta peräisin olevaa betonista viettoviemäriä. Taulukossa 1 on listattuna Airantaisen pumppaamon teknisiä tietoja. Pumppujen nostokorkeus on matala, mutta niiden kapasiteetti on suuri. Suurelle nostokorkeudelle ei ole tarvetta, sillä Airantainen pumppaa Kokemäenjoen vastarannalla sijaitsevaan viettoviemäriin.

Airantaisen pumppaamo	Pumppu 1	Pumppu 2
Valmistaja ja malli	Grundfos S1.100.100.55	Grundfos S1.80.100.55
Teho (P1/P2)	7.2 kW / 5.5 kW	7.2 / 5.5 kW
Suurin nostokorkeus	12 m	17 m
Suurin virtaama	288 m ³ /h	209 m ³ /h

Taulukko 1: Airantaisen pumppaamon tekniset tiedot (Grundfos Product Center)



Kuva 12: Alatien pumppaamo sijaitsee varsin valoisalla peltoaukealla. (Tepsa 2020)

Alatien pumppaamo on lasikuitusäiliöllä ja uppoasennetuilla pumpuilla varustettu ns. pakettipumppaamo. Alatien verkostoalueella viemärit ovat pääosin PVC:tä, lukuun ottamatta paineviemäreitä, jotka ovat PEH-muovia. Alueella on kaksi muuta pumppaamoa. Alatien pumppaamo kärsii kesäisin silloin tällöin lämpöongelmista, mikä ilmenee häiriöinä liikennöinnissä. Kuvassa 12 näkyy, että pumppaamokaappi on suorassa auringonpaisteessa, ilman kasvillisuuden tarjoamaa suojaa. Ongelmia on pyritty vähentämään parantamalla kaapin ilmanvaihtoa. Alatien pumppaamon kapasiteetti (ks. taulukko 2) pienempi verrattuna Jokisivun ja Airantaisen pumppaamoihin, mutta nostokorkeus on suurempi. Alatien pumppaamon ja Airantaisen viettoviemärialueen välillä maasto on mäkistä.

Alatien pumppaamo	Pumppu 1	Pumppu 2
Valmistaja ja malli	Robot RW2120BH	Robot RW2120BH
Nimellisteho	4 kW	4 kW
Suurin nostokorkeus	20 m	20 m
Suurin virtaama	82 m ³ /h	82 m ³ /h

Taulukko 2: Alatien pumppaamon tekniset tiedot (Prestigepumps.co.uk)



Kuva 13: Jokisivun pumppaamon läheisyydessä on uimaranta ja matonpesupaikka. (Tepsa 2020)

Jokisivun pumppaamosäiliö on betonia ja se on varustettu uppoasennetuin pumpuin. Verkoston vanhimmat osat ovat 1970-luvulta ja uusin osa on rakennettu 2000-luvulla, ja viettoviemärit ovat PVC-muovisia. Vanhemmat tarkastuskaivot ovat betonisia ja uudemmat muovisia. Jokisivun pumppaamon verkostoalueella on kaksi muuta pumppaamoa (Liisanpolku ja Kortteli). Nämä ovat kokoluokaltaan pieniä ja verrattavissa kiinteistöpumppaamoihin. Kesäisin pumppaamoon tulee pesuvesiä lähitöllä sijaitsevalta matonpesupaikalta. Taulukossa 3 voidaan havaita, pumpput ovat ominaisuuksiltaan hieman erilaiset. Pumppu 1 on suuremman nostokorkeuden pumppu, kun taas pumppu 2:n kapasiteetti on suurempi.

Jokisivun pumppaamo	Pumppu 1	Pumppu 2
Valmistaja ja malli	Grundfos SL1.80.100.22.4.50D.C	Grundfos S1034C1
Teho (P1/P2)	2.7 kW / 2.2 kW	3.8 kW / 2.9 kW
Suurin nostokorkeus	12 m	9 m
Suurin virtaama	140 m ³ /h	162 m ³ /h

Taulukko 3: Jokisivun pumppaamon tekniset tiedot (Grundfos product center)



Kuva 14: Markulantien pumpppaamo on varustettu vesipostilla. (Tepsa 2020)

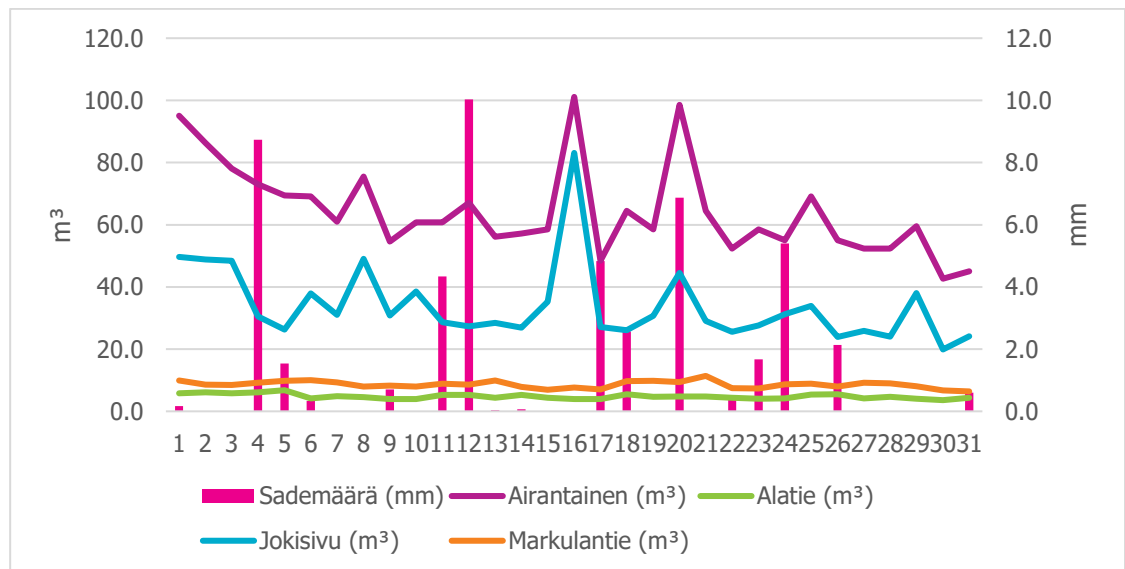
Markulantien verkostoalue on tutkittavan alueen uusinta ja alue on rakennettu 2010-luvulla. Pump-
paamo on varustettu lasikuitusäiliöllä ja kahdella uppoasennetulla pumpulla. Maaston korkeuserojen
takia, verkostoalueella on lukumäärällisesti eniten jätevesipumppaamoita. Markulantien pumpppaa-
molle pumpppaa peräti neljä jätevesipumppaamo (ks. kaavio 1). Viettoviemärit ovat PVC-muovia ja
paineviemärit PEH-muovia. Markulantien pumpput ovat tarkastelun kohteena olevien pumpppaamoiden
pienimmästä päästä kapasiteetiltaan (taulukko 4). Nostokorkeus on tosin suurin. Markulantien
pumppaamo pumpppaa samaan viettoviemäriin kuin Alatie pumppaamo.

Markulantien pumppaamo	Pumppu 1	Pumppu 2
Valmistaja ja malli	KSB Amarex N S50-172 ULG 140	KSB Amarex N S50-172 ULG 140
Teho (P1/P2)	1.83 kW / 1.30 kW	1.83 kW / 1.30kW
Suurin nostokorkeus	24 m	24 m
Suurin virtaama	17 m ³ /h	17 m ³ /h

Taulukko 4: Markulantien pumppaamon tekniset tiedot (KSB datasheet)

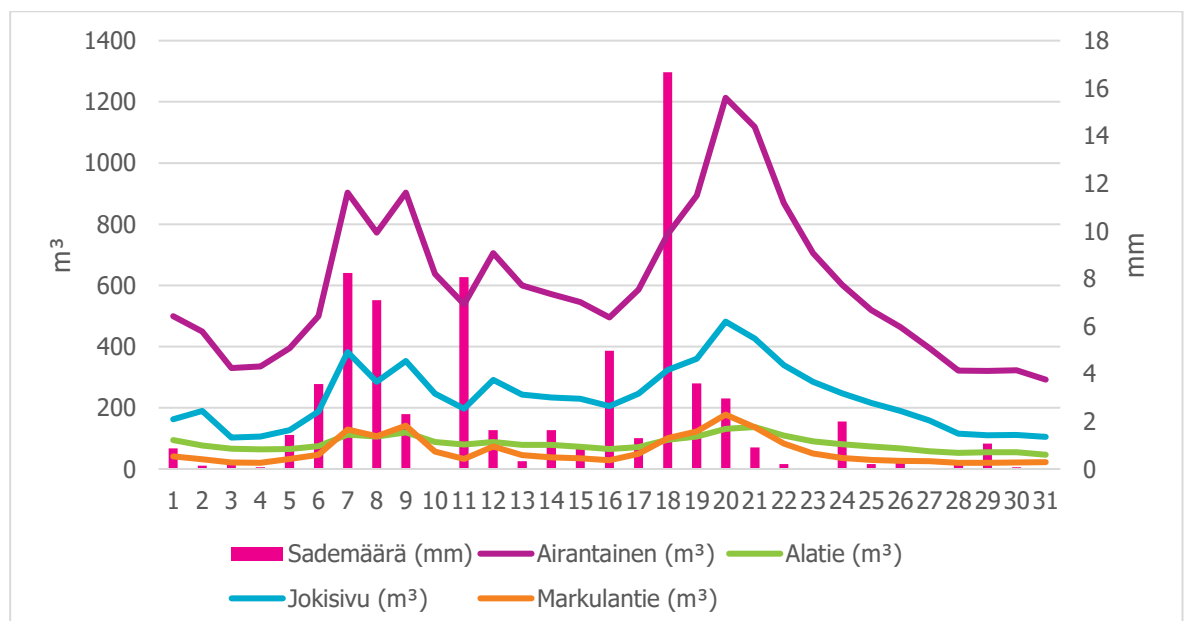
5.3 Sademäärän vaikutus pumpattuun vesimäärään

Tarkasteltavan ajanjakson kuivin kuukausi sattui elokuulle 2018. Kuvaaja 1:ssä on tarkasteltavan alueen pumppaamoiden pumpatut vesimäärät sekä alueen sademäärä samassa kuvaajassa. Ajanjaksolla ei voida havaita selkeää syy-seuraussuhdetta sademäärän ja viemäriverisien määrän välillä. Välillä sateen jälkeen viemärivereden määrä kasvaa viiveellä, välillä se kasvaa välittömästi. Sademäärät ovat lähimpien havaintoasemien mittaustulosten keskiarvoja. Tällä on todennäköisesti myös vaikutusta asiaan.



Kuvaaja 1: Sademäärän vaikutus pumpattuun vesimäärään elokuussa 2018.

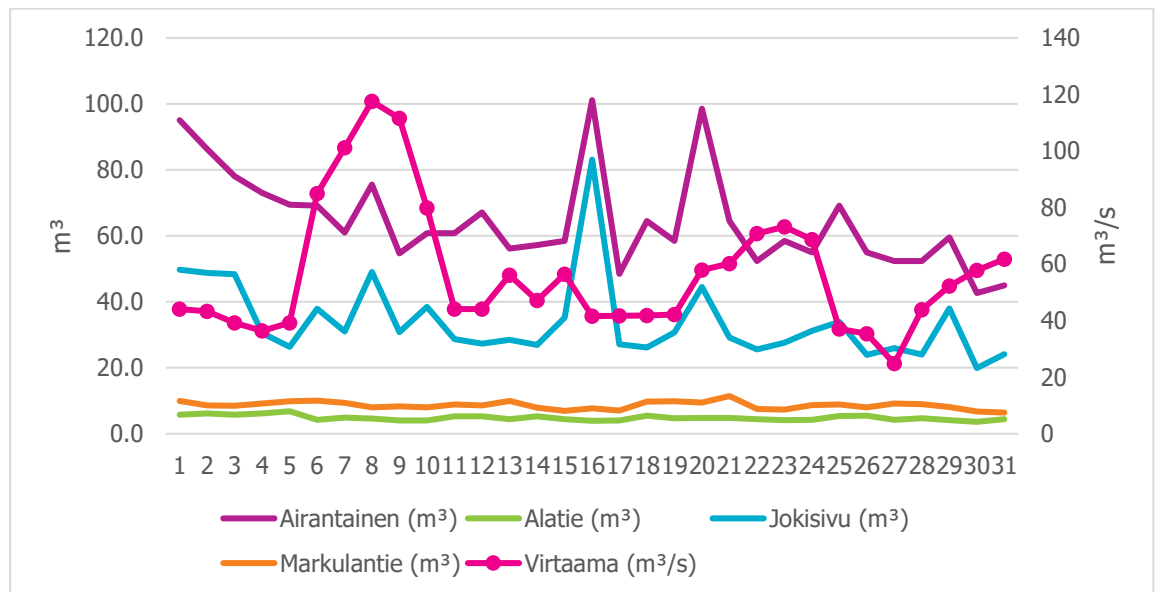
Joulukuu 2019 oli tarkasteltavan ajanjakson märin kuukausi. Maaperä oli huomattavan vettynyttä syksyn sateiden jäljiltä. Vesimäärät viemäriverkostossa olivat myös huomattavasti isompia kuin elokuussa 2018. Kuvaajasta 2 voidaan havaita, että isompien sadekertymien jälkeen Airantaisen ja Jokisivun käyriä on selkeää kasvua.



Kuvaaja 2: Sademäärän vaikutus pumpattuun vesimäärään joulukuussa 2019.

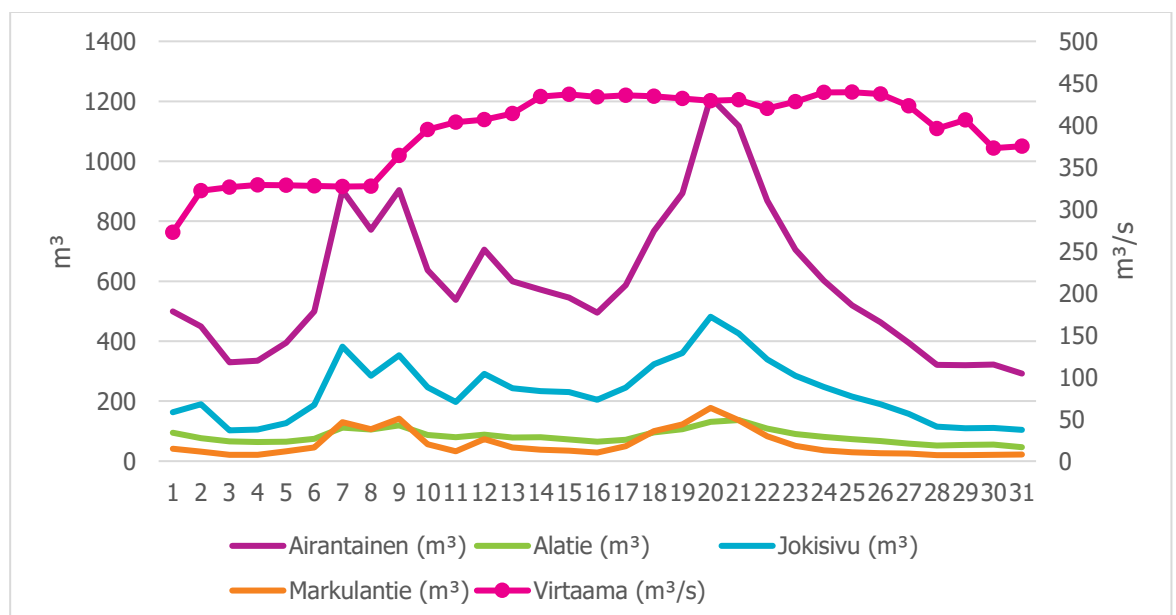
5.4 Kokemäenjoen virtaaman vaikutus pumpattuun vesimäärään

Elokuussa 2018 Kokemäenjoen virtaama pysyi suurimmaksi osaksi alle 100 m³/s lukemissa. Elokuun 2018 virtaaman muutoksilla ei ollut merkittävää vaikutusta pumppaamoiden vesimääriin. Kokemäenjoen valuma-alueen sateet näkyvät joen virtaamassa viiveellä. Kuvaajasta 3 nähdään, että jätevesiverkoston ja Kokemäenjoen virtaamahuippujen välillä on jopa viikon ero. Kokemäenjoki on valjastettu sähköntuotantoon ja se on säännöstelty, minkä vuoksi sen virtaamassa on huomattavia vaihte-luita eri viikonpäivinä.



Kuvaaja 3: Kokemäenjoen virtaaman vaikutus pumpattuun vesimäärään elokuussa 2018.

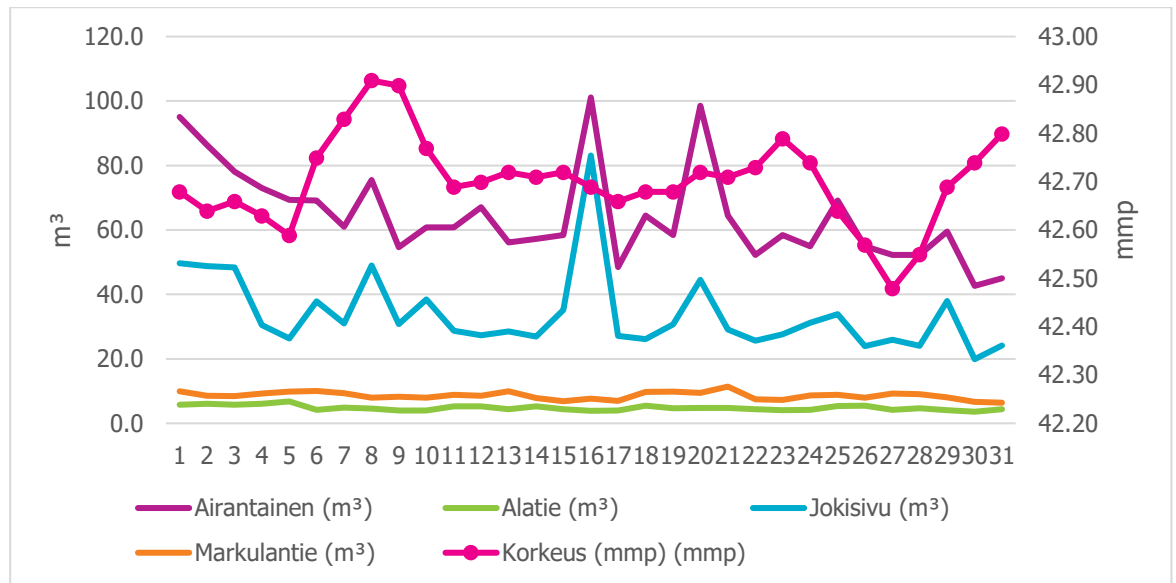
Joulukuussa 2019 Kokemäenjoen virtaama kasvoi kuun puoliväliin saakka. Sen jälkeen virtaama pysyi korkealla. Viemäriverkoston vesimäärät vaihtelivat (ks. kuvaaja 4) voimakkaammin. Kuun puolivälin jälkeen tuli nopea kasvupiikki vesimääriin, mutta tasaantui lopulta kuukauden alimmalle tasolle. Millään pumppaamolla ei näy selkeää vaikutusta. Sadannan aiheuttama muutos vesimäärissä näkyy ensin viemäriverkostossa ja vasta myöhemmin Kokemäenjoessa.



Kuvaaja 4: Kokemäenjoen virtaaman vaikutus pumpattuun vesimäärään joulukuussa 2019.

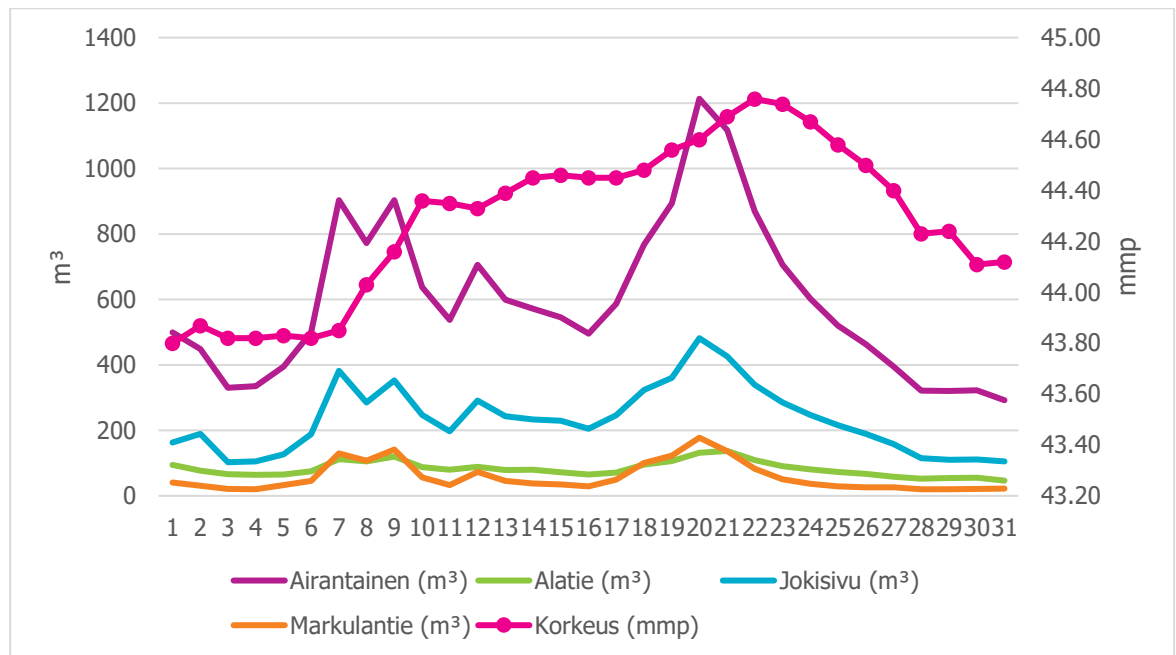
5.5 Kokemäenjoen pinnankorkeuden vaikutus pumpattuun vesimäärään

Kuvaajasta 5 voidaan havaita, että Kokemäenjoen pinnankorkeus lähti jyrkkään nousuun elokuun alkupuolella vuonna 2018. Pinnankorkeuden ollessa korkeimmillaan, myös jäteveden määrässä on pieni kasvupiikki, trendin muutoin ollessa laskeva. Pinnankorkeuden ja jätevesimäärien kehityksessä ei ole nähtävissä selvää yhteyttä.



Kuvaaja 5: Kokemäenjoen pinnankorkeuden vaikutus pumpattuun vesimäärään elokuussa 2018.

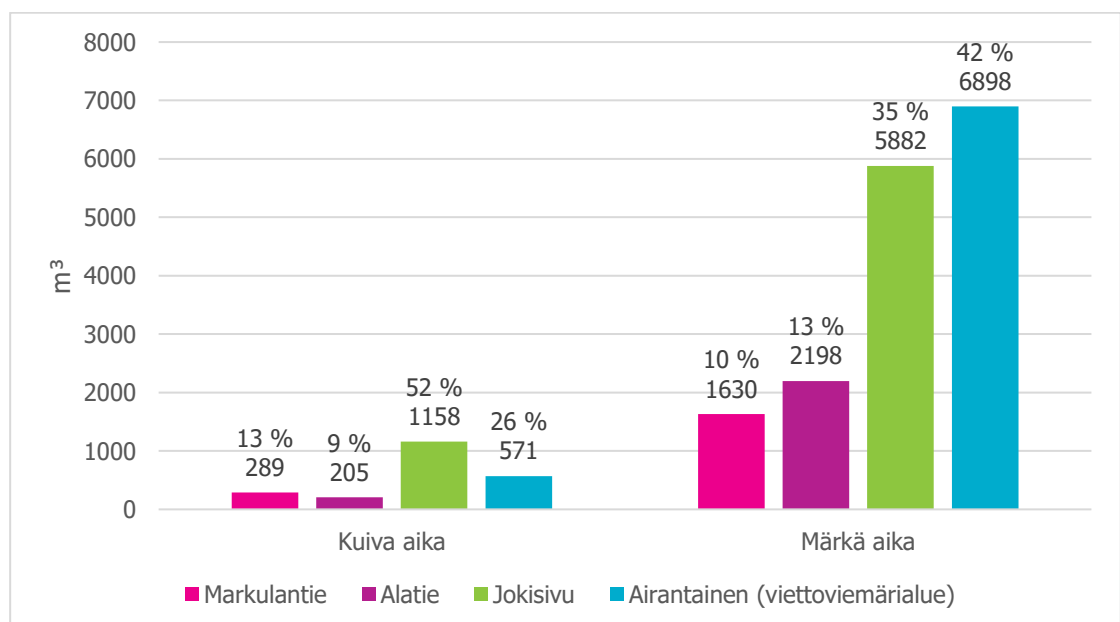
Tarkastelujakson määrimmän kuukauden aikana joulukuussa 2019 pinnankorkeus Kokemäenjoessa kohosi 44,80 mmp korkeuteen. Airantaisen ylivuotoputken korko on 44,10 mmp ja Jokisivun ylivuotoputken 44,28 mmp. Vaikka molemmat ylivuotoputket jäävät 0,5–0,7 metriä vedenpinnan alapuolelle, ei kuvaajassa ole havaittavissa kasvua vesimäärissä. Airantaisen pumppaamolla on ylivuotoputkeen asennettuna takaisinvirtauksenestoventtiili. Joen pinnankorkeus seuraa muutaman päivän viiveellä samantyyppistä nousua ja laskua, kuin viemäriverkoston vesimäärä. Kuvaajasta 6 nähdään, että viemäriverkoston vesimäärien muutokset ovat huomattavasti nopeampia kuin Kokemäenjoen vedenpinnan korkeuden muutokset.



Kuvaaja 6: Kokemäenjoen pinnankorkeuden vaikutus pumpattuun vesimäärään joulukuussa 2019.

5.6 Eri verkostoalueiden osuudet kokonaismäärästä

Airantaisen pumpppaamon vesimäärissä on eri vuodenaikoina huomattavia eroja. Tarkastelun kohteena olevalta ajanjaksolta (01/2018–03/2020) laskettiin keskiarvot neljän kuivimman ja neljän märimmän kuukauden vesimäärille. Kuvaajassa 7 on esitetty keskimääräiset pumpppaamokohtaiset vesimäärät ja osuudet kokonaisvesimäärästä. Kuivana aikana suurin piirtein puolet jätevedestä tulee Jokisivun pumpppaamolta. Märkänä aikana suurin osa jätevedestä on peräisin Airantaisen viettoviemärialueelta. Jokisivun osuus tippuu karkeasti noin kolmasosaan kokonaisvesimäärästä. Suurin muutos vesimäärissä on Airantaisen viettoviemärialueella. Siellä vesimäärät ovat märkään aikaan 12-kertaisia. Toiseksi suurin ero on Alatie pumpppaamon verkostoalueella vesimäärien kasvaessa lähes 11-kertaisiksi. Jokisivun ja Markulantien pumpppaamoilla vesimäärät viisinkertaistuvat.

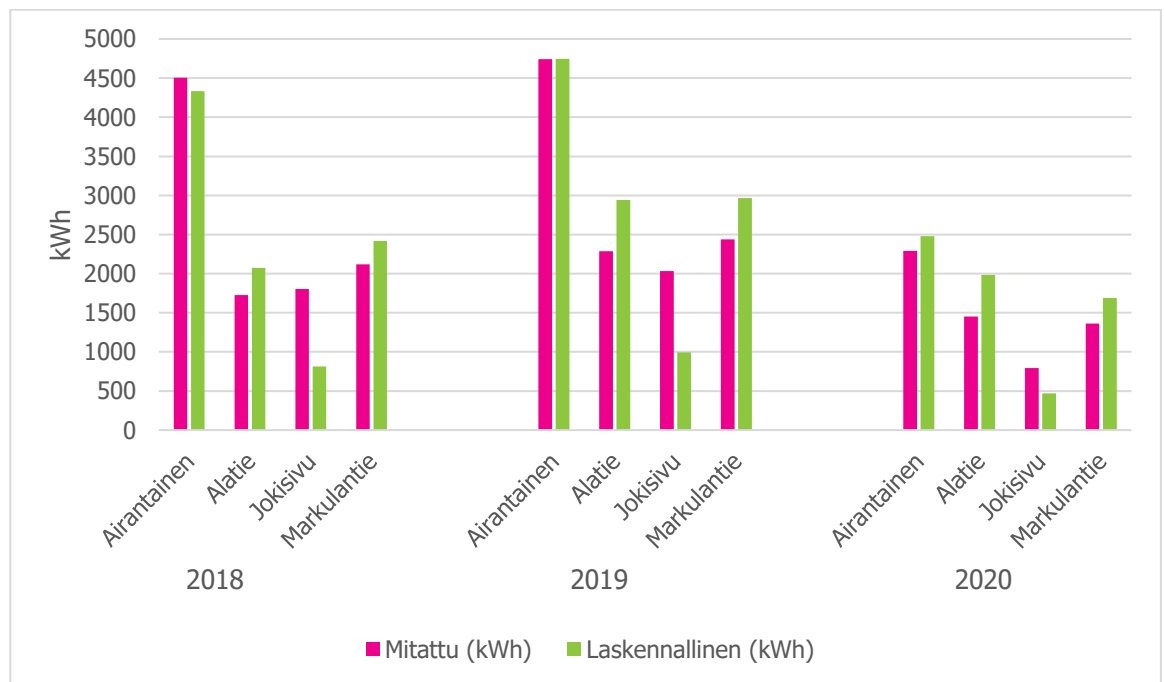


Kuvaaja 7: Kuivan ja märän ajan keskimääräiset pumpppausmäärät sekä prosentuaaliset osuudet

5.7 Käyntiaikojen takaisinmallintaminen sähkönkulutustiedoista

Käyntiaikojen ja tuottomäärien oikeellisuutta pyrittiin tarkistamaan vertaamalla teoreettista ja todellista sähkönkulutusta. Absoluuttiset sähkönkulutustiedot ovat peräisin Carunan verkkopalvelusta. Laskennallinen sähkönkulutus on saatu kertomalla käyntiaika (h) pumpun ottoteholla ja näin ollen on saatu laskettua teoreettisella tasolla sähkönkulutus. Pumpaamolla on muutakin sähköä kuluttavaa laitteistoa kuin pumput. Talvella on käytössä lämmityskaapeleita automaatiokeskuskaapeissa jäätymisen estämiseksi. Nämä lisäävät osaltaan sähkönkulutusta.

Kuvaajasta 8 voidaan havaita, että Airantaisen sähkönkulutustiedot ovat mitatun ja laskennallisen kilowattituntimäärän osalta samankaltaiset. Muilla pumppaamoilla on huomattavia eroja kilowattituntimäärissä. Jokisivun pumppaamolla sähköä on mennyt todellisuudessa kaksinkertainen määrä, kuin teoreettisella laskutavalla laskettuna. Alatien ja Markulantien pumppaamoilla taas sähkönkulutus on jonkin verran suurempaa (15–25 %) kuin teoreettisella laskutavalla laskettuna.



Kuvaaja 8: Mitatun ja takaisinmallinnetun sähkönkulutuksen vertailu eri pumppaamoilla

6 YHTEENVETO

6.1 Lopputulokset ja johtopäätökset

Jätevesiverkoston vuotovedet ovat merkittävä ongelma Airantaisen pumppamopiirissä. Tarkastelu- jaksolla jätevesimäärä lähes kymmenkertaistuu ($2002 \text{ m}^3 \rightarrow 18567 \text{ m}^3$) kuivimman ja märimmän kuukauden välillä. Sähkönkulutus kasvaa samassa suhteessa ($118 \text{ kWh} \rightarrow 1099 \text{ kWh}$). Eri verkosto- alueiden vuotavuutta tarkasteltiin kappaleessa 5.7. Kuivaan aikaan Jokisivun verkostoalueelta tulee noin puolet Airantaisen pumppaamon kokonaisvesimäärästä. Märkään aikaan Markulantien ja Alatie- n jälkeiseltä, Airantaisen viettoviemärialueelta tulee yli 40 % kokonaisvesimäärästä. Jokisivun osuus putoaa 35 prosenttiin. Alatie- n ja Markulantien osuudet pysyttelevät kumpikin 10 prosentin molem- min puolin sekä kuivimpaan että märimpään aikaan.

Sateiden vaikutus on helpompi havaita märkään aikaan. Kuivimpien kuukausien aikaan maaperän kosteus on matala ja pohjaveden pinnat ovat alhaalla. Jätevesimäärät ovat kuivimpaan aikaan pie- niä, mutta sateiden aikaan voidaan niissä havaita kasvua. Tämä voisi johtua luvattomasta sadeve- sien johtamisesta viemäriverkostoon. Märkään aikaan vesi pääsee vuotamaan esimerkiksi vuotavien tarkastuskaivojen, rikkonaisten putkien ja veden alle jäävien tarkastuskaivojen kautta.

Markulantien verkostoalue on rakennettu 2010-luvulla ja sen voisi olettaa olevan melko tiivis, mutta kuivan ja märän ajan vesimäärissä on viisinkertainen ero. Airantaisen viettoviemärialueella vesimää- rät lähes kymmenkertaistuvat märkänä aikana. Viettoviemärialueen verkosto on koko tutkittavan alueen vanhimma- sta päästä ja materiaalina on käytetty betonia.

Kokemäenjoen virtaamalla ja vedenpinnankorkeudella ei havaittu selkeää yhteyttä viemärintialueen vuotovesimääriin. On mahdollista tai jopa todennäköistä, että joen välittömässä läheisyydessä ole- valla verkosto-osuudella pääsee vuotamaan vettä viemäriverkostoon. Virtaama ja pinnankorkeus nousevat sateiden jälkeen muutaman päivän viiveellä, mutta viemäriverkostossa sateiden aiheut- tama vesimäärän kasvu näkyy yhden päivän sisällä sateesta.

6.2 Epävarmuustarkastelu

Airantaisen pumppamopiirin kaavioissa ja taulukoissa on jonkin verran epävarmuustekijöitä. Pump- paamoilla ei ole virtausmittareita, vaan tuottoraporttien vesimäärät perustuvat yksinomaan lasken- nallisiin arvioihin, eivätkä siten ole absoluuttisia mittaustuloksia. Kaukovalvonnasta saatava tuottora- portti perustuu pumpun käyntiaikaan sekä kaukovalvontaohjelmaan syötettyyn pumpun tuottokapa- siteettiin. Tässä työssä käytettiin Airantaisen vesimääriä arvioidessa Sastamalan Veden huhtikuussa tekemää tuottomittausta.

Tuottomittauksessa pinnankorkeuden muutosnopeuksia mitataan niin tulovirtaaman kuin pumppauk- sen osalta. Tässä mittaustavassa täytyy tietää säiliön tilavuus litroina jokaista senttimetriä kohden. Ensimmäin mitataan sisääntulevan virtauksen määrä ja saadaan tulokseksi pinnankorkeuden nousunopeus.

Tämän jälkeen jokaista pumpppua ajetaan vuorotellen käsiajolla. Näin saadaan selville pinnankorkeuden laskunopeus. Saaduista tuloksista täytyy vähentää vielä sisääntulevan virtauksen määrä, jotta saadaan pumpppujen tuotto selvitettyä. Airantaisen pumpppaamolla tulovirtaus vaihtelee hetkellisesti suurestikin. Suorittamalla useita peräkkäisiä mittauksia ja laskemalla saaduista tuloksista keskiarvo, päästään tarkempiin tuloksiin. Ajan myötä pumpppujen tuotto heikkenee ja niille täytyy tehdä uusi tuottomittaus, jotta raportit olisivat todenmukaisempia.

Käyntiaikojen oikeellisuudessa on myös tulkinnanvaraa. Kappaleessa 5.8 takaisinmallinnettiin sähkönkulutuslukemia, kun tiedettiin pumpppujen ottotehot sekä pumpppukohtaiset käyntiajat. Airantaisen sähkönkulutuslukemissa oli kaikista pienin hajonta. Muilla pumpppaamoilla eroavaisuudet kasvoivat merkittäviksi. Automaatiologiikan mittaustiedon keräys- ja lähetystapa voi vaikuttaa näihin tietoihin. On mahdollista, että logiikka ei kerää mittaustiedosta lokia tiedonsiirtotapahtumien välillä, vaan tietoa jää puuttumaan. Jos liikennöintiväli on esimerkiksi yksi minuutti, voi pumpun käynnistymis- tai sammumistieto tulla kaukovalvontaan jopa minuutin myöhässä. Vuorokauden aikana näitä minuutteja kertyy lukuisia, mikä sitten näkyy vääristyminä tuottoraporteissa.

Sadantatiedot ovat peräisin kolmen lähimmän kunnan (Kokemäki, Huittinen, Nokia) mittausasemilta. Työssä käytettiin näiden kolmen mittauspisteen sadantatietojen keskiarvoja. Sademäärät olivat hyvin samankaltaisia, mitään suuria eroja niissä ei esiintynyt. Toisaalta sadekuurot voivat olla hyvin paikallisia, välttämättä Airantaisen alueella ei ole satanut tuona ajankohtana. Tai vastavuoroisesti Airantaisen alueelle on osunut sadekuuro, joka ei näy näillä mittauspisteillä. Jotta voitaisiin arvioida tarkemmin sadannan vaikutusta viemäriverkoston vuotovesimääriin, täytyisi verkostoalueelle sijoittaa yksi tai useampi sademittari.

6.3 Jatkotoimenpiteet ja korjausehdotukset

Epävarmuustarkastelun pohjalta lopputuloksiin kannattaa suhtautua varauksella. Tuloksia ei kannata käyttää absoluuttisena totuutena, vaan ennemmin suuntaa antavana tietona. Tietoa voi käyttää hyödyksi esimerkiksi maastotutkimusten suunnittelussa. Jokisivun ja eritoten Airantaisen viettoviemärialue muodostavat lähes 80 % kokonaisvesimäärästä märkänä aikana. Jatkotutkimukset ja resurssit kannattaa kohdistaa näille kahdelle alueelle, jotta vuotovesimäärän vähentäminen olisi tehokkainta.

Tarkastuskaivojen kuntoa kannattaa tutkia alueella ja erityisesti joen rannassa ja ojien läheisyydessä oleviin kaivoihin kannattaa kiinnittää huomiota. Alueelle kannattaisi sijoittaa siirrettäviä virtaus- tai pinnankorkeusmittareita verkoston solmukohtiin, jotta voitaisiin selvittää vuotavimmat alueet tarkemmin. Airantaisen pumpppaamolla voisi harkita magneettivirtausmittarin asentamista paineputkeen. Näin pystyttäisiin seuraamaan todellisia jätevesimääriä tällä kyseisellä verkostoalueella.

1970-luvulla rakennettu verkosto alkaa paikoin olemaan huonossa kunnossa. Erityisesti betoniviemärit voivat olla huonossa kunnossa. Koko alueen saneeraus on kallista, mutta tulee väistämättä eteen ennemmin tai myöhemmin. Sitä ennen vuotovesimääriä voi pyrkiä pienentämään tiivistämällä beto-

nisten tarkastuskaivojen saumoja ja läpivientejä. Lisäksi ylivuotoputkiin voidaan asentaa takaisinvirtauksenestventtiilit, mikäli on olemassa riski, että joessa tai ojassa oleva vesi pääsee tulemaan takaperin pumppaamoon ylivuotoputken kautta. Ojien pohjalla ja painanteissa olevien tarkastuskaivojen kansistoja kannattaa myös tutkia. Mikäli on riski, että ojassa olevia vesiä pääsee viemäriin kansiston kautta, tulee harkita kansiston korottamista pohjavesitiivisteellä varustetun teleskooppikansiston avulla.

LÄHTEET

ESITTEEMME.FI. Sastamalan Vesi [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-03-30] Saatavissa: https://www.esitteemme.fi/sastamalan_vesi/WebView/

KUNTALIITTO.FI. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-01-28] Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/kunnat/sastamala>

GRUNDFOS PUMPPUAKATEMIA. Pumppaamosuunnittelun perusteet [verkkoaineisto]. Grundfos [viitattu 2020-02-26]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/25276398-Grundfos-pumppuakatemia-pumppaamosuunnittelun-perusteet.html>

GRUNDFOS.COM. Grundfos product center. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-02-05] Saatavissa: <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html>

GRUNDFOS.COM. Matalaenergiapumppaamo. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-04-21] Saatavissa: <https://fi.grundfos.com/matalaenergia.html>

GRUNDFOS.COM. Esimerkkitapauksia. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-04-03] Saatavissa: <https://fi.grundfos.com/esimerkkitapaukset/etsi-esimerkkitapauksia/sastamala-huittinen.html>

KSB.COM. Amarex N Type Series Booklet. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-04-03] Saatavissa: https://shop.ksb.com/ims_docs/00/00215A9B05B41EE5BAF74E5D5706BB1E.pdf

PAIKKATIETOIKKUNA.FI. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-04-21] Saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

SASTAMALA.FI. Sastamala jätevesi toiminta-aluekartta. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-04-13] https://www.sastamala.fi/sastamala/liitetiedostot/editori_materiaali/33651.zip?name=Sastamalan_Vesi_jatevesi

SASTAMALA.FI. Sastamala pähkinänkuoressa. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-01-28] Saatavissa: https://www.sastamala.fi/sivu.tmp?siivu_id=10376

SASTAMALA.ONCLOUDOS.COM. Sastamalan Vesi tilinpäätösraportti 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-03-18] Saatavissa: <http://sastamala.oncloudos.com/kokous/20206132-7-1.PDF>

VESIHUOLTO I: RIL 124-1-2003. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOVERKKOJEN SUUNNITTELU. PERUSTEET JA TOIMINNALLISUUS: RIL 237-1-2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOVERKKOJEN SUUNNITTELU. MITOITUS JA SUUNNITTELU: RIL 237-2-2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOLAKI 2001/119, 10 § [verkkoaineisto]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L3P10>

VESIHUOLTOLAKI 2001/119, 15 § [verkkoaineisto]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L3P15>

VESIHUOLTOLAKI 2001/119, 17d § [verkkoaineisto]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L3aP17d>

VVY.FI. Mitä vesihuolto on? [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-02-03] Saatavissa: <https://www.vvy.fi/vesihuolto/mita-vesihuolto-on/#osio-1-1509385215-3709-1>

Tepsa, Elias 2020. Airantaisen pumppaamo. Taustalla Kokemäenjoki. Valokuva, 22.04.2020. Paikkakunta: Sastamala: Elias Tepsan kokoelmat

Tepsa, Elias 2020. Alatien pumppaamo sijaitsee varsin valoisalla peltoaukealla. Valokuva, 22.04.2020. Paikkakunta: Sastamala: Elias Tepsan kokoelmat

Tepsa, Elias 2020. Jokisivun pumppaamon läheisyydessä on uimaranta ja matonpesupaikka. Valokuva, 22.04.2020. Paikkakunta: Sastamala: Elias Tepsan kokoelmat

Tepsa, Elias 2020. Markulantien pumppaamo on varustettu vesipostilla. Valokuva, 22.04.2020. Paikkakunta: Sastamala: Elias Tepsan kokoelmat